

SERIAL NO: New Application

FILED: Herewith

**STATEMENT OF RELEVANCY**

- ☒ The references have been cited in a corresponding application filed in the Japanese Patent Office.
- ☐ The relevancy of the reference is discussed in the background section of the specification.

Japanese Unexamined Patent Application Publication 06-109755

As stated on Page 6, paragraph [0011] of the specification.

Japanese Unexamined Patent Application Publication 06-331646

As stated on Page 6, paragraph [0011] of the specification.

Japanese Unexamined Patent Application Publication 08-327656

As stated on Page 6, paragraph [0011] of the specification.

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-109755

(43)公開日 平成6年(1994)4月22日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 P 15/09

審査請求 未請求 請求項の数5(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-257036

(22)出願日 平成4年(1992)9月25日

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72)発明者 谷口 直博

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(72)発明者 野原 一也

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(72)発明者 浜岡 哲也

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

(74)代理人 弁理士 倉田 政彦

最終頁に続く

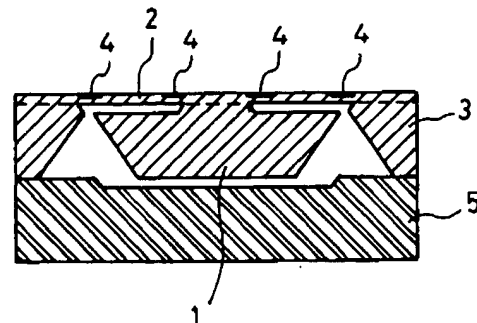
(54)【発明の名称】 半導体加速度センサ

(57)【要約】

【目的】小型で高感度の半導体加速度センサを提供する。

【構成】重り部1と、重り部1と連動する撓み部2と、撓み部2を支持固定する支持部3とを半導体基板を加工して形成され、前記撓み部2にピエゾ抵抗4を形成され、印加された加速度に比例した電圧をピエゾ抵抗4を含むブリッジ回路の出力として取り出す半導体加速度センサにおいて、重り部1と撓み部2の間に切り込み溝を形成した。

【効果】一定の半導体チップ体積内で、重り部1の体積を最大限に確保することができ、かつ、撓み部2の有効長さを長くとることができ、したがって、感度を大きくすることができる。



1… 重り部

2… 撓み部

3… 支持部

4… ピエゾ抵抗

5… 台座

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重り部と、重り部と連動する撓み部と、撓み部を支持固定する支持部とを半導体基板を加工して形成され、前記撓み部にピエゾ抵抗を形成され、印加された加速度に比例した電圧をピエゾ抵抗を含むブリッジ回路の出力として取り出す半導体加速度センサにおいて、重り部と撓み部の間に切り込み溝を形成したことを特徴とする半導体加速度センサ。

【請求項2】 前記撓み部を部分的に切り欠いてビーム状としたことを特徴とする請求項1記載の半導体加速度センサ。

【請求項3】 前記ピエゾ抵抗は、第1の方向の加速度を検出するための第1乃至第4のピエゾ抵抗と、第1の方向と直交する第2の方向の加速度を検出するための第5乃至第8のピエゾ抵抗と、第1及び第2の方向と直交する第3の方向の加速度を検出するための第9乃至第12のピエゾ抵抗とから成り、各方向の加速度を検出するための4つのピエゾ抵抗は、それぞれブリッジ回路を構成するように接続され、各ブリッジ回路の出力に他方向の加速度の成分を現れないように配置したことを特徴とする請求項1又は2のいずれかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項4】 前記重り部の一面とはほぼ平行に自己診断駆動用の静電力を発生させるための電極を備え、前記電極の幾何学的中心を通る垂線は、前記重り部の一面の幾何学的中心を通る垂線と一致しないことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の半導体加速度センサ。

【請求項5】 ビームは、凹状としたことを特徴とする請求項2記載の半導体加速度センサ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体加速度センサーに関するものであり、3軸方向の加速度を高感度に検出する用途に利用されるものである。

【0002】

【従来の技術】図21は従来の半導体加速度センサ（特開昭63-169078号）の平面図であり、図22はそのA-A'線についての断面図である。図中、11～14は歪みゲージ群であり、それぞれブリッジを構成する。15は重り部となる中央厚肉部、16は支持枠となる周辺厚肉部、17は貫通孔、18～21はビームとなる薄肉支持部である。この従来例では、ビーム厚が加工限界、ビーム巾がピエゾ抵抗を配置する最小巾と仮定すると、高感度化するためには、重り部となる中央厚肉部15を大きくするか、ビーム有効長を長くするしかない。したがって、半導体チップ体積が大きくなり、コスト増大を招来する。また、同一チップ面積では、高感度化が図れない。逆に言えば、同一感度を維持しながら、小型化を図れないという問題があった。つまり、一定の

半導体チップ体積内で感度を大きくしようとして、例えば重り部の体積を大きくすると、ビーム部の長さを短くせざるを得ないので、効果が薄い。同様にビーム部を長くしようとする、重り部の体積が小さくなってしまふ。このように一定チップ体積内で感度を大きくするのが難しい。さらに、3軸加速度を検出するには、X方向加速度は歪みゲージ12、14のブリッジ出力の差、Y方向加速度は歪みゲージ11、13のブリッジ出力の差を検出し、Z方向加速度は歪みゲージ11～14のブリッジ出力の和又は平均を検出するという方式を採用しているため、処理回路が複雑で高価になるという欠点を有する。

【0003】図23は他の従来例（特開昭63-266358号）の平面図、図24はその断面図である。図中、22はシリコン単結晶基板、23はボンディングパッド、24はボンディングワイヤ、25は電極、26は起歪体、27はフランジ部、28は可撓部、29は突出部、30は取付孔、31は配線孔、32は重り部、33は保護カバーである。この従来例では、高感度化するために、わざわざ重り部32を突出部29に取り付けている構造であり、これでは、重り部32の部品が1つ必要となるばかりか、製造プロセスが極めて複雑であり、実現性に乏しい。また、3軸加速度の検出方式に関しては、ピエゾ抵抗X1～X4、Y1～Y4、Z1～Z4がそれぞれブリッジ構成され、X、Y、Z方向の加速度を検出する方式を採っているが、Z1～Z4がX軸に対して完全対称の配置でないため、Y軸方向の加速度が加わったときに、実際にはZ1～Z4は僅かではあるが抵抗値が変化し、Z軸の加速度を検出するべく構成されたブリッジのバランスが崩れて、出力が生じる。つまり、X、Y、Z軸の加速度を完全に分離できず、他軸感度を持つという問題がある。

【0004】図25は別の従来例（特開平3-200038号）の断面図である。これは、図23及び図24に示した従来例に自己診断機能を持たせたものであり、図中、33は半導体ベレット、34、35は台座、36はボンディングワイヤ、37、38は制御部材、39は重り部である。また、E1、E2、E3、E4、E5、E8は電極層である。この従来例では、電極間に電圧を印加して静電力を発生させ、あたかも加速度が加わったかのように動作させる構造であるが、X、Y、Z方向の各ベクトル成分を持つ3軸加速度を発生させるために、重り部のXY、YZ、ZX面に平行な面の各部に電極を形成している。これでは電極数が多く、製造プロセスが困難であり、電極に電圧を印加するためのワイヤの引き出しも不可能に近い。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述のような点に鑑みてなされたものであり、小型で高感度の半導体加速度センサを提供することを目的とするものである。

また、本発明の他の目的は、3軸加速度を独立して検出可能な半導体加速度センサを提供することにある。さらに、本発明の別の目的は、自己診断駆動機能付きの3軸加速度を検出可能な半導体加速度センサを提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明にあっては、上記の課題を解決するために、図1に示すように、重り部1と、重り部1と連動する撓み部2と、撓み部2を支持固定する支持部3とを半導体基板を加工して形成され、前記撓み部2にピエゾ抵抗4を形成され、印加された加速度に比例した電圧をピエゾ抵抗4を含むブリッジ回路の出力として取り出す半導体加速度センサにおいて、重り部1と撓み部2の間に切り込み溝を形成したことを特徴とするものである。

【0007】なお、前記撓み部2を部分的に切り欠いてビーム状とすれば、より高感度化が可能である。また、ビームは図19に示すように、凹状とすれば、さらに高感度化することができる。前記ピエゾ抵抗4は、図6に示すように、第1の方向Xの加速度を検出するための第1乃至第4のピエゾ抵抗 $R_{x1}$ 、 $R_{x2}$ 、 $R_{x3}$ 、 $R_{x4}$ と、第1の方向Xと直交する第2の方向Yの加速度を検出するための第5乃至第8のピエゾ抵抗 $R_{y1}$ 、 $R_{y2}$ 、 $R_{y3}$ 、 $R_{y4}$ と、第1及び第2の方向X、Yと直交する第3の方向Zの加速度を検出するための第9乃至第12のピエゾ抵抗 $R_{z1}$ 、 $R_{z2}$ 、 $R_{z3}$ 、 $R_{z4}$ とから成り、各方向の加速度を検出するための4つのピエゾ抵抗は、それぞれ図7に示すようにブリッジ回路を構成するように接続し、各ブリッジ回路の出力に他方向の加速度の成分が現れないように配置することが好ましい。また、図14に示すように、前記重り部1の一面とはほぼ平行に自己診断駆動用の静電力を発生させるための電極Eを備え、前記電極Eの幾何学的中心を通る垂線は、前記重り部1の一面の幾何学的中心を通る垂線と一致しない構成とすることが望ましい。

#### 【0008】

【作用】本発明では、図1に示すように、重り部1と撓み部2の間に、切り込み溝を設けたので、限られた半導体チップ体積内で、重り部1の体積を最大限に確保することができ、また、撓み部2の有効長さも大きくでき、したがって、高感度の半導体加速度センサを実現できるものである。また、撓み部2をビーム状としたり、あるいは、ビームを図19に示すように、凹型とすれば、さらに高感度化が可能となる。また、ピエゾ抵抗4を図6、図10～図12に示すように配置することにより、複雑な処理回路を用いることなく、X、Y、Zの各軸方向の加速度を独立して検出することができる。さらに、図14に示すように、自己診断駆動用の電極Eと重り部1の幾何学的中心をずらすことにより、簡単な構成で疑似的に3次元的な力を重り部1に加えることができ、3

軸加速度センサの自己診断機能を実現できる。

#### 【0009】

【実施例】図2は本発明の第1実施例の斜視図であり、図1はそのA-A'線についての断面図である。B-B'線についての断面図は図1と同様であり、ピエゾ抵抗4の配置のみが異なる。ピエゾ抵抗4を設けるセンサ部は、N型シリコンの(100)面を使用している。重り部1は四角錐形状であり、その一面の中央部に突起部を形成している。突起部と撓み部2は、連動するように固定されている。また、撓み部2は、重り部1を囲むように形成された支持部3に固定されている。支持部3の底面はストッパーとなるべき台座5(シリコン又はガラス)と接合されている。この構造は逆に、図3に示すように、四角錐の部分を固定して支持部3とし、四角錐の部分を囲む部分を浮かして、重り部1としても構わない。

【0010】このような構造を採用すれば、重り部1を最大にすることができ、撓み部2の有効長さを長くすることができ、高感度化又は小型化を実現できるものである。なお、重り部1と撓み部2の間の空隙が、重り部1の体積減少を招くと思われるが、実際には、上部のシリコンの厚みが300～400 $\mu\text{m}$ 、空隙が5～15 $\mu\text{m}$ であり、ほぼ無視できる程度である。仮に、図1の構造とはほぼ同一感度を従来構造で実現しようとする、図4のようになり、チップサイズの増大を招くことになる。

【0011】図5は本実施例の製造プロセスの一例を示している。まず、図5(a)に示すように、下部シリコンウェハ8の表面をエッチング加工して、上部シリコンウェハ7を直接接合、陽極接合等により接合して、図5(b)に示すようなウェハを得る。ポリッシング又はエッチングにより、図5(c)のように上部シリコンウェハ7を削り、異方性エッチングにより図5(d)のように重り部1を形成する。その後、ガラス又はシリコン製の台座5を直接接合、陽極接合等により接合して、図5(e)に示すような構造とし、これをダイシングして、図5(f)の構造を得るものである。なお、図2において、6はボンディングパッドである。

【0012】図6は本実施例におけるピエゾ抵抗の配置を示している。ピエゾ抵抗は、XY面(100面)のX軸方向(110方向)、Y軸方向(110)方向に平行に、且つ、 $R_{x1} \sim R_{x4}$ 、 $R_{y1} \sim R_{y4}$ 、 $R_{z1} \sim R_{z4}$ はそれぞれX、Y軸に対して完全に対称に配置されている。まず、ピエゾ効果について述べる。N型シリコンの(100面)の(110)方向、つまり、X、Y軸方向に配置されたピエゾ抵抗は、引張応力と平行に配置されている場合、引張応力に対して抵抗値Rは増加し( $R + \Delta R$ )となる。逆に、圧縮応力を受けると、抵抗値Rは減少し( $R - \Delta R$ )となる。これをピエゾ抵抗の縦効果と呼ぶ。また、引張応力と垂直に配置されている場合には、引張応力に対し抵抗値Rは減少し( $R - \Delta$

R)となる。逆に、圧縮応力を受けると、抵抗値Rは増加し $(R+\Delta R)$ となる。これをピエゾ抵抗の横効果と呼ぶ。つまり、ピエゾ抵抗が引張応力又は圧縮応力に対して平行に配置されている場合と、垂直に配置されている場合とでは、同一応力に対して逆の抵抗値変化が生じる。なお、N型シリコンの(100面)の(110)方向では、ピエゾ抵抗が引張応力又は圧縮応力に対して平行に配置されている場合と、垂直に配置されている場合とでは、同一応力に対してほぼ同一の抵抗値変化が生じる。

【0013】次に、本実施例の動作について説明する。X、Y、Z軸方向の各加速度検知用のピエゾ抵抗群は、図7に示すようにブリッジを構成している。図7の電源 $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$ が定電流源であっても、定電圧源であっても、ブリッジの出力 $V_x$ 、 $V_y$ 、 $V_z$ が得られるか否かは、ブリッジを構成する2組の対角的に配置された抵抗値の積の差で決まる。つまり、X軸方向の加速度検知用のブリッジでは、 $(R_{x_1} \cdot R_{x_3} - R_{x_2} \cdot R_{x_4})$ 、Y軸方向の加速度検知用のブリッジでは、 $(R_{y_1} \cdot R_{y_3} - R_{y_2} \cdot R_{y_4})$ 、Z軸方向の加速度検知用のブリッジでは、 $(R_{z_1} \cdot R_{z_3} - R_{z_2} \cdot R_{z_4})$ の値によって決まる。

【0014】まず、Z軸方向に図8のように加速度Gが加わると、加速度Gに比例した応力が生じるピエゾ抵抗 $R_{z_1}$ 、 $R_{z_3}$ は引張応力を受けて、上述の縦効果により $+\Delta R$ の抵抗値変化を生じる。この抵抗値は加速度Gに比例している。逆に、ピエゾ抵抗 $R_{z_2}$ 、 $R_{z_4}$ については、 $-\Delta R$ の抵抗値変化を生じる。G=0のとき、ピエゾ抵抗 $R_{z_1} \sim R_{z_4}$ は全て同じ値であり、 $R_{z_1} = R_{z_2} = R_{z_3} = R_{z_4} = R$ とする。したがって、Z軸方向の加速度検知用のブリッジの出力は、 $(R_{z_1} \cdot R_{z_3} - R_{z_2} \cdot R_{z_4}) = (R+\Delta R)^2 - (R-\Delta R)^2 = 4R \cdot \Delta R$ となり、Z軸方向の加速度Gに比例した出力を生じることが分かる。なお、各ピエゾ抵抗 $R_{z_1}$ 、 $R_{z_3}$ と $R_{z_2}$ 、 $R_{z_4}$ は、同一の加速度Gに対して同一の応力を受けるように、つまり、同一の抵抗値変化を生じるように、配置されている。

【0015】次に、Z軸方向の加速度Gが加わったときのX、Y軸方向の加速度検知用のブリッジがどうなるかについて説明する。まず、X軸方向の加速度検知のためのピエゾ抵抗 $R_{x_1}$ 、 $R_{x_3}$ は圧縮応力を受け、ピエゾ抵抗 $R_{x_2}$ 、 $R_{x_4}$ も圧縮応力を受ける。従って、ピエゾ抵抗 $R_{x_1}$ 、 $R_{x_2}$ 、 $R_{x_3}$ 、 $R_{x_4}$ の値は全て減少して $(R-\Delta R)$ となり、 $(R_{x_1} \cdot R_{x_3} - R_{x_2} \cdot R_{x_4}) = (R-\Delta R)^2 - (R-\Delta R)^2 = 0$ となるので、ブリッジ出力は生じない。Y軸方向の加速度検知のためのピエゾ抵抗 $R_{y_1}$ 、 $R_{y_2}$ 、 $R_{y_3}$ 、 $R_{y_4}$ についても同様である。よって、Z軸方向の加速度Gが加わったときには、Z軸方向の加速度検知用のブリッジのみが出力を生じ、他軸方向の加速度検知用のブリッジは

出力を生じない。

【0016】次に、図9に示すように、X軸方向あるいはY軸方向から、それぞれ加速度Gが加わった場合には、その軸方向についての加速度検知用のブリッジのみが出力を生じ、他軸方向の加速度検知用のブリッジは出力を生じない。まず、X軸方向に加速度Gが加わった場合には、X軸方向の加速度検知のためのピエゾ抵抗 $R_{x_1}$ 、 $R_{x_3}$ は引張応力を受け、ピエゾ抵抗 $R_{x_2}$ 、 $R_{x_4}$ は圧縮応力を受ける。したがって、X軸方向の加速度検知用のブリッジの出力は、 $(R_{x_1} \cdot R_{x_3} - R_{x_2} \cdot R_{x_4}) = (R+\Delta R)^2 - (R-\Delta R)^2 = 4R \cdot \Delta R$ となり、X軸方向の加速度Gに比例した出力を生じる。一方、Z軸方向についての加速度検知のためのピエゾ抵抗 $R_{z_1}$ 、 $R_{z_3}$ は引張応力を受け、ピエゾ抵抗 $R_{z_2}$ 、 $R_{z_4}$ は圧縮応力を受ける。したがって、Z軸方向の加速度検知用のブリッジの出力は、 $(R_{z_1} \cdot R_{z_3} - R_{z_2} \cdot R_{z_4}) = (R+\Delta R) \times (R-\Delta R) - (R-\Delta R) \times (R+\Delta R) = 0$ となるので、ブリッジ出力は生じない。

【0017】次に、Y軸方向について検討する。X軸方向の加速度Gが加わったときに、応力が完全に0となる部分はY軸上である。したがって、Y軸方向の加速度検知のためのピエゾ抵抗 $R_{y_1} \sim R_{y_4}$ は、Y軸近傍ではあるが、Y軸より少しずれてY軸に対称に配置されているので、僅かながら応力を受けることになる。ピエゾ抵抗 $R_{y_1}$ と $R_{y_2}$ は引張か圧縮の応力を受けて、ピエゾ抵抗 $R_{y_3}$ と $R_{y_4}$ はその逆の応力を受けることになる。この応力によるピエゾ抵抗の変化を $\delta R$  ( $\ll \Delta R$ )とすると、Y軸方向の加速度検知用のブリッジの出力は、 $(R_{y_1} \cdot R_{y_3} - R_{y_2} \cdot R_{y_4}) = (R+\delta R) \times (R-\delta R) - (R+\delta R) \times (R-\delta R) = 0$ となるので、ブリッジ出力は生じない。

【0018】Y軸方向に加速度Gが加わった場合も同様であり、Y軸方向の加速度検知用のブリッジは、Y軸方向の加速度Gに比例した出力を生じるが、X軸方向やZ軸方向の加速度検知用のブリッジは、出力を生じない。以上のように、本発明のピエゾ抵抗の配置を採用すれば、他軸感度を完全に0にすることができ、X、Y、Zの各軸方向の加速度を独立に検出できる。このため、従来例のような複雑な処理回路は必要なく、3次元座標系のX、Y、Z軸のベクトル成分 $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$ で表現される加速度Gを正確に検出できる。また、同様の考え方でX、Y、Z軸の加速度を独立に検出できるピエゾ抵抗の他の配置例を図10～図12に示した。

【0019】図13は請求項2に記載した発明の構成を示している。基本的な構造は、図2の実施例と同様であるが、本実施例では、図2の実施例において、撓み部2の一部分を切り欠いた形状となっている。つまり、重り部1が中央の突起部を介して、4本のビーム部で吊られた形状となっている。なお、撓み部2の一部分を切り欠

く形状は、図13のような十字型の形状に限定されるものではなく、任意の形状で構わない。このように、撓み部2をビーム状とすることにより、同一の加速度が印加された場合でも、撓みが大きくなり、応力が増大し、したがって、ピエゾ抵抗の変化も大きく、出力も大きくなるので、半導体加速度センサをさらに高感度化することができる。なお、本実施例において、図6又は図10～図12に示したピエゾ抵抗の配置を採用しても良い。

【0020】次に、請求項4に記載した半導体加速度センサの自己診断機能について説明する。図14に示すように、重り部1の重さ $m$ が重心に集中していると考え、10 加速度 $G$  ( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ ) が加わったとき、 $Z$ 軸方向には $F_z = m \times G_z$ の力が加わる。また、 $X$ 軸まわりには $M_x = m \times G_y \times h$ 、 $Y$ 軸まわりには $M_y = m \times G_x \times h$ のモーメントが加わると考えられる。したがって、重り部1の底面と、電極Eの間に電圧を印加して発生する静電力により、上記の力 $F_z$ 及びモーメント $M_x$ 、 $M_y$ が発生するように構成すれば、あたかも3軸  
( $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 方向)のベクトル成分( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )を持つ加速度 $G$ が加わったかのように、半導体加速  
20 度センサを動作させることができ、センサ自身の故障診断を行うことができる。

【0021】図15は、図25に示した従来例の電極形状及び重り部の底面形状を示している。従来例では、重り部の底面形状と電極形状が同一で、かつ幾何学的中心が一致しているため、 $Z$ 軸方向の力のみが発生し、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ の各軸方向のベクトル成分( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )を持つ加速度 $G$ を発生させることはできない。これに対して、本発明では、重り部の底面の幾何学的中心と電極形状の幾何学的中心をずらして、図16～18のハッチ  
30 ングを付した部分のように、電極形状を設定したことにより、疑似的に3軸( $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 方向)のベクトル成分( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )を持つ加速度 $G$ を発生させることができるものである。図16について説明すると、図中のハッチングを施した部分が電極の形状であり、外側の大きな四角が重り部の底面形状である。電極と重り部の\*

\*底面の間に静電駆動用の電圧を印加すると、電極には均一に静電力が発生し、重り部を引きつけようとする。静電力は、電極の幾何学的中心に $Z$ 軸方向への力 $F_z$ として働くと考えて良いから、 $Z$ 軸方向には $F_z$ の力を生じるものであり、 $X$ 軸まわりには $M_x = F_z \times L_y$ 、 $Y$ 軸まわりには $M_y = F_z \times L_x$ のモーメントが加わる。

【0022】図19は請求項5に記載された発明の構成を示している。この構造では、一定の半導体チップ体積内で、重り部の体積を損なうことなく、撓み部の有効長さを長くとることにより、感度を良くし、なおかつ、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ の3軸で表現される3次元座標系における加速度を検出可能としたものである。図19に示すように、 $X$ 軸、 $Y$ 軸をとり、この2軸に垂直に $Z$ 軸をとる。構造は図21及び図22に示した従来例と類似しており、中央に重り部、周囲に支持部が配置されており、これらを結びつけるように薄肉の撓み部が、重り部の4隅から爪状に伸びて、周囲の支持部とつながっている。今、 $X$ 軸方向から加速度 $G$ が加わったとすると、従来例では $X$ 軸と垂直な撓み部がねじれた状態となり、 $X$ 軸方向の撓みを抑制していたが、図19の構造では、 $X$ 軸と垂直な撓み部が長くなっているために、 $X$ 軸方向の撓みを抑制する力が弱く、且つ $X$ 軸方向の撓み部も同様に長くなっているため、撓みは大きくなり、感度は大きくなる。 $Y$ 軸方向からの加速度 $G$ に対しても全く同様の効果が得られる。また、 $Z$ 軸方向からの加速度 $G$ に対しても撓み部が長くなっているため、高感度となる。

【0023】次に、ピエゾ抵抗は、 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ の3軸で表現される3次元座標系のベクトル成分として表現される加速度 $G$  ( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )を検出できるように配置されている。加わる加速度と各ピエゾ抵抗の抵抗値の変化の関係をまとめると、表1のようになる。したがって、各ピエゾ抵抗を図20に示すようなブリッジに構成すると、 $X$ 軸、 $Y$ 軸、 $Z$ 軸方向のそれぞれについて、独立して加速度の向きと大きさを測定することができる。

【0024】

【表1】

	$R_{x1}$	$R_{x2}$	$R_{x3}$	$R_{x4}$	$R_{y1}$	$R_{y2}$	$R_{y3}$	$R_{y4}$	$R_{z1}$	$R_{z2}$	$R_{z3}$	$R_{z4}$
$G_x$	+	-	+	-	0	0	0	0	+	-	-	+
$G_y$	0	0	0	0	+	-	+	-	0	0	0	0
$G_z$	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+

【0025】

【発明の効果】請求項1記載の半導体加速度センサによれば、半導体基板を加工して得られる重り部と撓み部の間に切り込み溝を設けたものであるから、一定の半導体チップ体積内で、重り部の体積を最大限に確保することができ、かつ、撓み部の有効長さを長くとることができ、したがって、感度を大きくすることができるという効果がある。

【0026】請求項2記載の発明によれば、撓み部を部分的に切り欠いてビーム状としたことにより、さらに高感度な出力が得られるという効果がある。

【0027】請求項3記載の発明によれば、3軸の加速度を検出するセンサにおいて、各軸方向の加速度を検出するためのブリッジ出力に他軸方向の加速度の成分が現れないようにピエゾ抵抗を配置したことにより、複雑な  
50 処理回路を使用することなく、各軸方向の加速度を独立

して検出できるという効果がある。

【0028】請求項4記載の発明によれば、電極と重り部の幾何学的中心をずらすことにより、簡単な電極構造でありながら、疑似的に重り部に3次元的な力を加えることができ、3軸の加速度センサに自己診断機能を付加することができるという効果がある。

【0029】請求項5記載の発明によれば、凹状の撓み部を構成することにより、一定の半導体チップ体積内で重り部の体積を損なうことなく、撓み部の有効長さが長くとれるので、より高感度となり、さらに実施例で説明したように圧電抵抗を配置することにより、3次元の各軸方向のそれぞれについて独立して加速度の向きと大きさを測定することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の断面図である。

【図2】本発明の一実施例の斜視図である。

【図3】本発明の一実施例についての1つの変形例を示す断面図である。

【図4】本発明に対する比較例を示す断面図である。

【図5】本発明の一実施例の製造プロセスを示す説明図である。

【図6】本発明の一実施例における圧電抵抗の配置を示す平面図である。

【図7】本発明の一実施例における測定回路の回路図である。

【図8】本発明の一実施例に縦方向の加速度が加わった状態を示す断面図である。

【図9】本発明の一実施例に横方向の加速度が加わった状態を示す断面図である。

【図10】本発明における圧電抵抗の他の配置例を示す

\* 平面図である。

【図11】本発明における圧電抵抗のさらに他の配置例を示す平面図である。

【図12】本発明における圧電抵抗の別の配置例を示す平面図である。

【図13】本発明の他の実施例の斜視図である。

【図14】本発明のさらに他の実施例の一部破断せる斜視図である。

【図15】従来の自己診断駆動用の電極の形状を示す斜視図である。

【図16】本発明による自己診断駆動用の電極の一例を示す斜視図である。

【図17】本発明による自己診断駆動用の電極の他の例を示す斜視図である。

【図18】本発明による自己診断駆動用の電極の別の例を示す斜視図である。

【図19】本発明の別の実施例の平面図である。

【図20】本発明の別の実施例における測定回路の回路図である。

【図21】第1の従来例の平面図である。

【図22】第1の従来例の断面図である。

【図23】第2の従来例の平面図である。

【図24】第2の従来例の断面図である。

【図25】第3の従来例の断面図である。

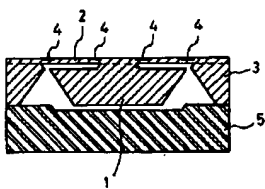
【符号の説明】

- |   |      |
|---|------|
| 1 | 重り部  |
| 2 | 撓み部  |
| 3 | 支持部  |
| 4 | 圧電抵抗 |
| 5 | 台座   |

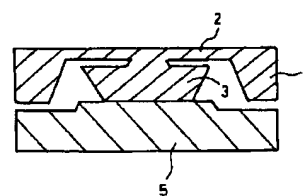
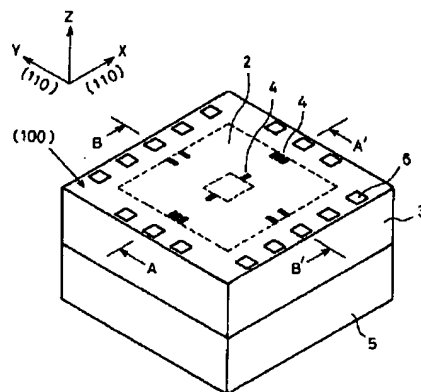
【図1】

【図2】

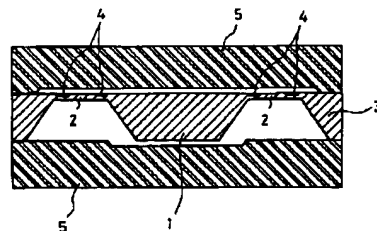
【図3】



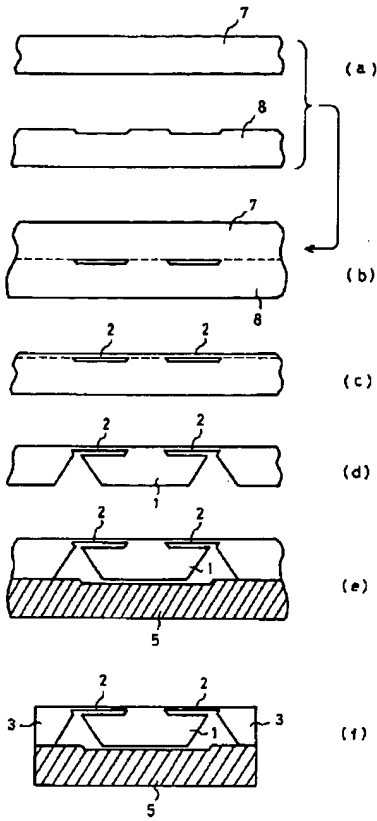
- |   |      |
|---|------|
| 1 | 重り部  |
| 2 | 撓み部  |
| 3 | 支持部  |
| 4 | 圧電抵抗 |
| 5 | 台座   |



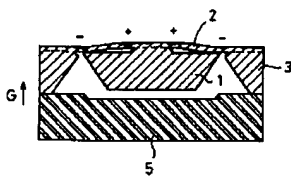
【図4】



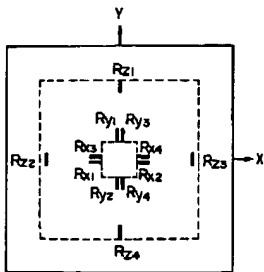
【図5】



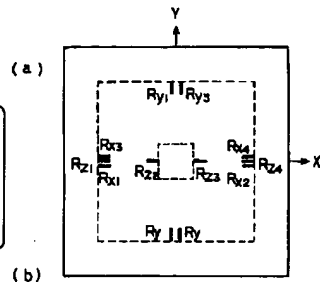
【図8】



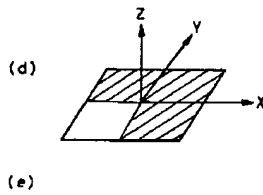
【図11】



【図6】

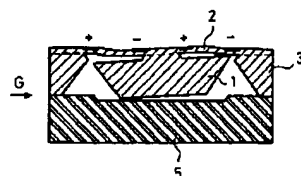


【図18】

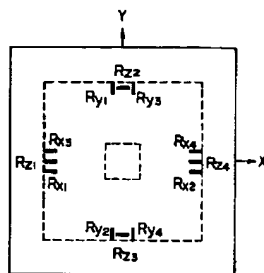


(f)

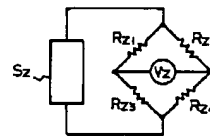
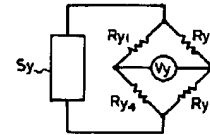
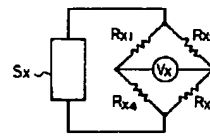
【図9】



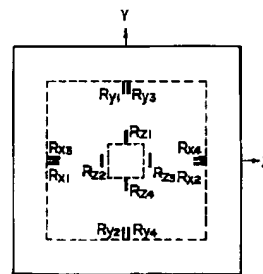
【図12】



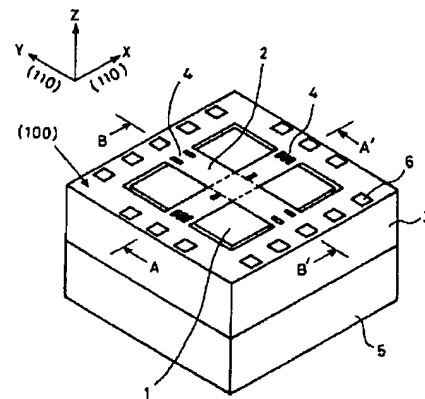
【図7】



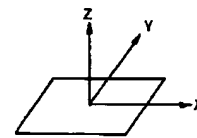
【図10】



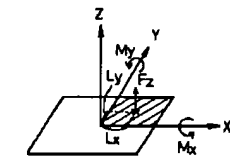
【図13】



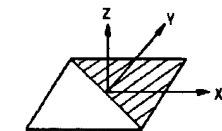
【図15】



【図16】

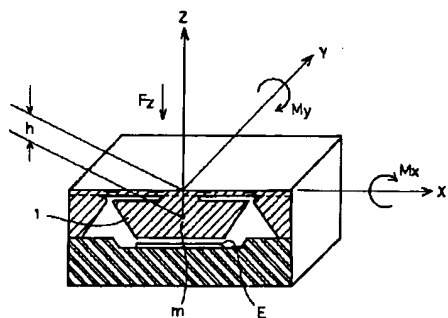


【図17】

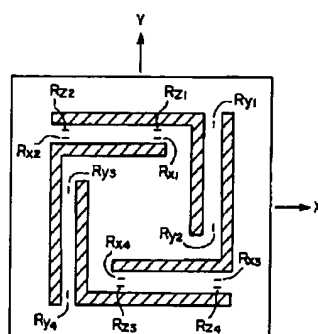




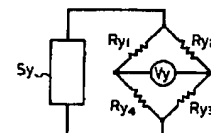
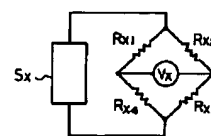
【図14】



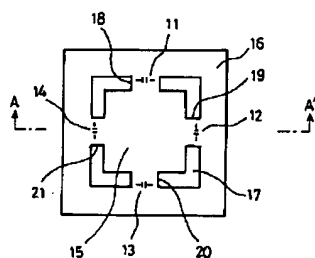
【図19】



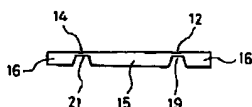
【図20】



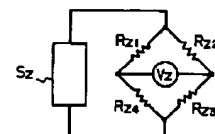
【図21】



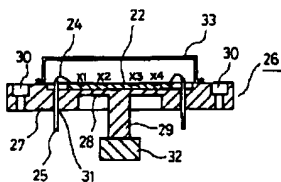
【図22】



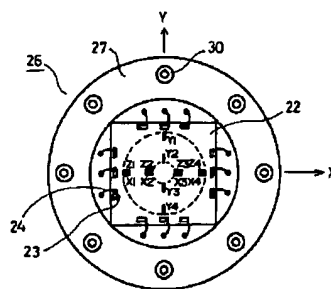
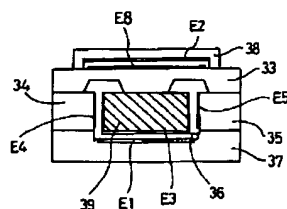
【図23】



【図24】



【図25】



フロントページの続き

(72)発明者 一矢 光雄

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工  
株式会社内

(72)発明者 笠野 文宏

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工  
株式会社内

(72)発明者 西村 広海

大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工  
株式会社内